

Sylwester MARKUSIK, Piotr NOWAKOWSKI

WYZNACZANIE SZTYWNOŚCI I TŁUMIENIA TAŚM RUROWYCH Z WYKORZYSTANIEM PROGRAMU "TAŚMA"

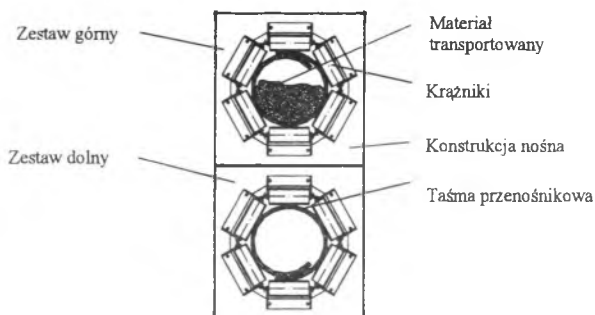
Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań sztywności i tłumienia taśm do przenośników rurowych oraz aplikację służącą do analizy i obliczeń tych parametrów na podstawie zarejestrowanych pomiarów.

DETERMINATION OF STIFNESS AND DUMPING OF PIPE CONVEYOR BELTS WITH APPLICATION OF COMPUTER PROGRAM "TAŚMA"

Summary. In the paper there are presented results of research of stiffness and dumping of pipe conveyor belts and the application used for analyze and calculations of these parameters basing on recorded tests.

1. WSTĘP

Przenośniki z taśmą zamkniętą są nowoczesnymi urządzeniami do transportu materiałów sypkich. Zasada działania takiego przenośnika polega na zasypaniu taśmy płaskiej materiałem transportowanym, a następnie zwinieniu jej w kształt rurowy i utrzymywaniu transportowanego materiału w zamknięciu na całej długości trasy, dzięki specjalnej konstrukcji zestawów krążnikowych. Następnie w miejscu rozładunku następuje otwarcie taśmy i wysypanie materiału transportowanego.



Rys. 1. Przekrój poprzeczny przenośnika

Fig. 1. Cross-section of pipe conveyor

Podstawową zaletą przenośników rurowych jest szczelny transport materiału zamkniętego w rurze, którą tworzy taśma po przejściu przez zestawy formujące, gdy jej brzegi zachodzą na siebie (rys 1). Taki sposób transportu pozwala transportować materiały pyłące lub higroskopijne, bez negatywnego wpływu na środowisko naturalne. Równocześnie materiał transportowany jest chroniony przed zewnętrznymi wpływami atmosferycznymi [1].

Po uformowaniu kształtu kołowego taśmy, dzięki zwiększonej powierzchni oddziaływania pomiędzy taśmą a transportowanym materiałem, możliwe jest zwiększenie kąta wzniosu dla przenośnika rurowego w porównaniu z typowym przenośnikiem nieckowym.

2. CEL I ZAKRES PRACY

Taśmy do przenośników rurowych przeznaczone są do pracy, która wymaga zmiany formy taśmy z płaskiej na bębna napędowym i zwrotnym, do kształtu rurowego w zamkniętych zestawach krążnikowych. Taki charakter pracy powoduje, iż w zależności od średnicy rury taśma powinna wykazywać różne właściwości mechaniczne, takie jak tłumienie i sztywność.

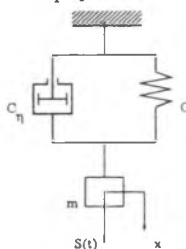
W niniejszym artykule zbadano wpływ krzywizny taśmy w przekroju poprzecznym na właściwości mechaniczne taśm tkaninowych do przenośników rurowych. Przeprowadzono badania laboratoryjne próbek taśm zwiniętych w rurę o różnych średnicach oraz taśmy płaskiej kilku producentów, na podstawie których zostały wyznaczone: sztywność i tłumienie w kierunku wzdłużnym. Do analizy wyników badań został napisany program "Taśma", dzięki któremu możliwe było zwiększenie dokładności przeprowadzonych obliczeń i przyspieszenie pracy nad obróbką kilkuset uzyskanych plików pomiarowych. Wyniki badań sztywności i tłumienia w płaszczyźnie wzdłużnej i poprzecznej taśm mogą zostać wykorzystane w algorytmach obliczeniowych dynamiki rozruchu i hamowania przenośników rurowych.

3. REOLOGIA TAŚM PRZENOŚNIKOWYCH

Właściwy opis teoretyczny zjawisk reologicznych zmusza do zastosowania odpowiedniego modelu reologicznego, np. w celu dokonania analizy procesów dynamicznych występujących w taśmie przenośnikowej. Taśma przenośnikowa pracuje w zakresie naprężeń maksimum do $15\% R_m$ (jej wytrzymałości na zerwanie), gdy odkształcenia trwale są znikome (dotyczy to analizy dynamiki przenośników). Można wtedy w celu wyznaczenia jej parametrów mechanicznych ograniczyć się do stosowania modeli liniowych w celu [2].

W wypadku taśm przenośnikowych dla założenia liniowości jej modelu reologicznego przyjęto następujące uproszczenia:

- w taśmie występują niewielkie odkształcenia i naprężenia maksymalnie do $15\% R_m$;
- właściwości mechaniczne badanego modelu podlegają zasadzie superpozycji Boltzmanna;
- w taśmie występuje jednoosiowy stan naprężeń.



Rys. 2. Model dwuparametrowy Kelvina-Voigta taśmy

Fig. 2. Two-parameter Kelvina-Voigta model of the belt

Do wyznaczenia sztywności i tłumienia taśmy w kierunku wzdłużnym przyjęto dwuparametrowy model Kelvina-Voigta, jako jeden z najczęściej stosowanych w badaniach dynamiki taśm. W modelu tym (rys 2) sztywność i tłumienie dowolnego odcinka taśmy wyznacza się z zależności (1-2); gdzie: L_n - długość odcinka taśmy, dla którego wyznacza się sztywność i tłumienie, B - szerokość taśmy

$$C = \frac{E \cdot B}{L_n} \quad (1) \quad C_\eta = \frac{\eta \cdot B}{L_n} \quad (2)$$

Przy wyznaczaniu sztywności i tłumienia dla założonego modelu Kelvina-Voigta, z wykresów drgań swobodnych próbek taśm odrzuca się 2-3 pierwsze oscylacje i z pozostałych wyznacza się stałą czasową gaśnięcia oscylacji, okres drgań oraz logarytmiczny dekrement tłumienia.

4. METODYKA POMIARÓW SZTYWNOŚCI I TŁUMIENIA TAŚM DO PRZENOŚNIKÓW RUROWYCH Z WYKORZYSTANIEM PROGRAMU "TAŚMA"

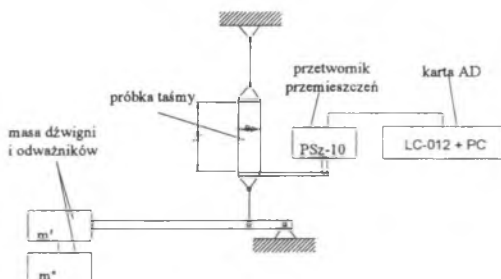
Głównymi elementami stanowiska do badań taśm rurowych (rys.3) są: podstawa, dźwignia oraz układ zamocowania taśmy do podstawy. Próbkę taśmy mocowaną jest w szczękach płaskich oraz o kształcie kołowym w celu odwzorowania kształtu, w jakim taśma pracuje na przenośniku. Po odcięciu masy sejsmicznej w próbce taśmy wywołuje się drgania gaśnące.



Rys. 3. Schemat budowy stanowiska badań taśm

Fig. 3. Construction of belt testing stand

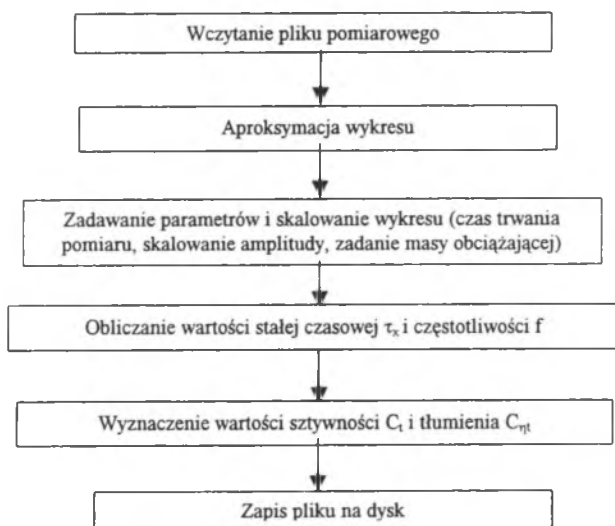
Do analizy drgań zastosowano komputerowy system ich rejestracji oraz opracowania wyników pomiarów. Schemat układu pomiarowego przedstawia rysunek 4.



Rys. 4. Układ pomiarowy stanowiska

Fig. 4. Measurement scheme of the stand

Układ pomiarowy składa się z karty ADDA LC-012-1612 oraz przetwornika przemieszczeń liniowych PSz-10. W ramach pracy opracowano program "Taśma" (rys.5), który po analizie matematycznej i statystycznej wyników służy do wyznaczenia wartości sztywności i tłumienia wzdłużnego taśmy.

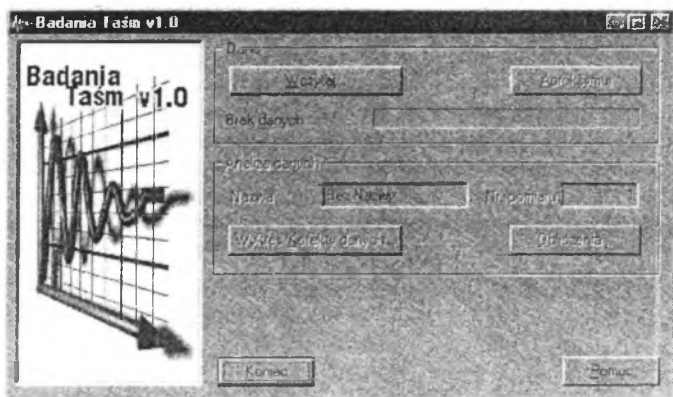


Rys. 5. Schemat blokowy programu „Taśma”

Fig. 5. Block diagram of the program „Taśma”

W programie "Taśma" analizie zostaje poddany zapis drgań tłumionych w próbkach taśm uzyskanych na stanowisku. Na rys.6 przedstawiono widok okna głównego programu "Taśma".

Po wyborze pliku zawierającego dane pomiarowe program tworzy wykresy. Zostają one poddane aproksymacji w celu odfiltrowania wszystkich innych nałożonych drgań (drgania sieciowe transformatora, budynku itp.) metodą 2/3 [3]. Metoda ta daje dobre wyniki nawet dla plików danych posiadających 50000 punktów pomiarowych.



Rys. 6. Widok okna głównego programu „Taśma”

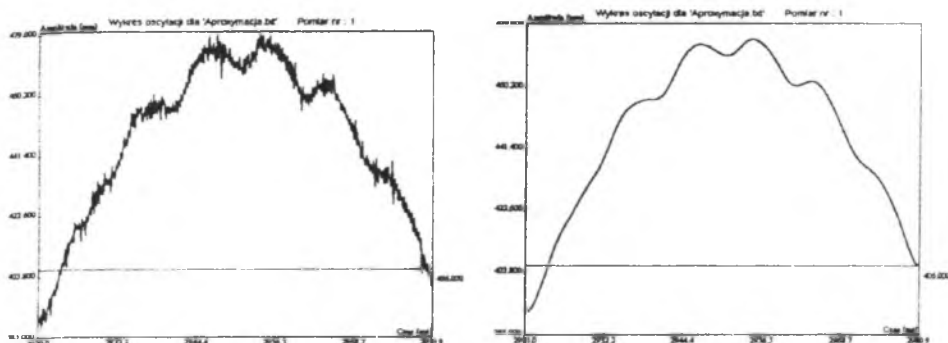
Fig. 6. Main window of the application „Taśma”

Wykorzystano w tej metodzie zasadę polegającą na dzieleniu odcinków, łączących poszczególne punkty pomiarowe w stosunku 2/3, a następnie na ich podstawie wykreślany jest nowy wykres z wymazaniem starych punktów. Krotność podziałów określa stopień aproksymacji obliczony ze wzoru:

$$S_a = L_p \cdot x \quad (3)$$

gdzie: L_p - liczba punktów pomiarowych, x - współczynnik aproksymacji, S_a - stopień aproksymacji

Przykładowy wykres drgań przed i po aproksymacji przedstawiono na rysunku 7.

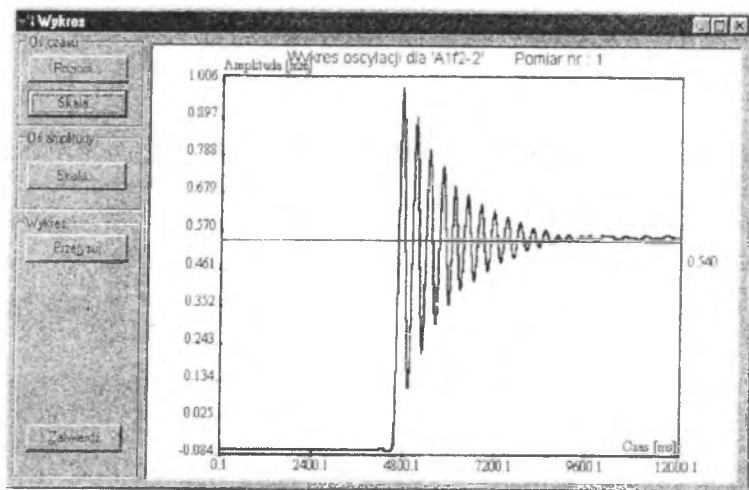


Rys. 7. Fragment przykładowych drgań przed i po aproksymacji metodą 2/3 ($L_p=610$, $x=0,5$)

Fig. 7. Examples of plot before and after approximation in method 2/3 ($L_p=610$, $x=0,5$)

Po otwarciu okna graficznego programu "Taśma" można dokładnie ustawić (rys.8):

- poziom osi odniesienia dla danego oscylogramu,;
- przeskalowanie wartości amplitudy w zależności od napięcia zasilającego przetwornik przemieszczeń;
- podanie dokładnego czasu trwania pomiaru (jego wskazanie jest wydrukowane w programie rejestrującym).



Rys. 8. Ekran graficzny programu „Taśma” z wykresem drgań próbki taśmy

Fig. 8. Plot of vibrations of the sample of the belt in program „Taśma”

Po "wygładzeniu" wykresów drgań program wyznacza amplitudy oraz okresy dla poszczególnych oscylacji. Po zatwierdzeniu wykresu program przechodzi do menu obliczeniowego (rys.9). Użytkownik podaje:

- szerokość i długość próbki taśmy;
- szerokość i długość standardowego odcinka taśmy;
- masę drgającą i wymuszającą;
- wytrzymałość nominalną taśmy R_m .

Rys. 9. Ekran zawierający pola edycyjne związane z parametrami pomiaru próbki taśmy
Fig. 9. Window with test parameters of the belt sample

Następnie program przechodzi do obliczeń i drukuje okno z obliczonymi wartościami logarytmicznego dekrementu tłumienia - λ , stałej czasowej gaśnięcia oscylacji - τ_x , okresu drgań - T (rys.10). Dwie pierwsze oscylacje zostają pominięte automatycznie ze względu na wybrany do analizy cech mechanicznych taśmy model Kelvina-Voigta, który nie wykazuje odkształcenia natychmiastowego po przyłożeniu skokowego obciążenia.

N	Leczenie	T _x [ms]	T [ms]
X 0	0.2744	1617.8896	363.6367
X 1	0.2863	1265.8416	362.4365
✓ 2	0.2700	1320.3102	356.4351
✓ 3	0.2743	1247.0450	342.0342
✓ 4	0.2578	1159.1958	288.8306
✓ 5	0.2226	1547.6316	344.4346
✓ 6	0.2652	1307.7063	340.0340
✓ 7	0.3159	1075.1364	309.6338
✓ 8	0.2561	1335.5210	342.0342
✓ 9	0.4705	719.2031	338.4341
X 10	0.4798	607.8325	330.0332
X 11	0.7357	455.1485	334.8340

Rys. 10. Okno wynikowe z wartościami λ , τ i T dla poszczególnych oscylacji
Fig. 10. Window with results of calculation of λ , τ and T

Przy założeniu liniowego modelu dwuparametrowego, funkcja opisująca drgania dla próbki taśmy przy odciążeniu skokowym wyrażona jest jako:

$$x(t) \equiv A \cdot e^{\left(-\frac{t}{\tau_x}\right)} \cdot \cos \omega_0 t \quad (4)$$

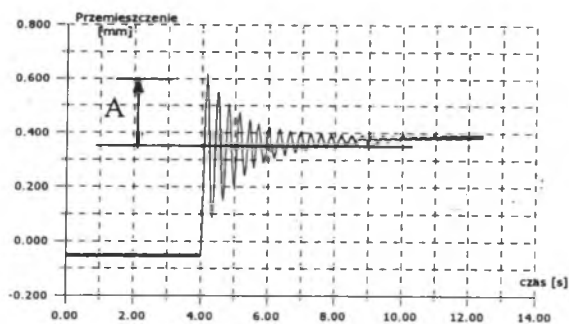
w którym. $A = \frac{F}{C_t}$, $\tau_x = \frac{2m}{C_m}$, $\omega_0^2 = \frac{C_t}{m}$,

gdzie: A - pierwsza amplituda, $m = m_s + m_0$ - całkowita masa zawieszona na próbce, ω_0 - częstotliwość drgań własnych, τ_x - stała czasowa gaśnięcia oscylacji, C_t - sztywność taśmy, C_m - tłumienie taśmy.

Stałą czasową τ_x wyznacza się z zależności:

$$\tau_x = \frac{T}{\lambda} \quad (5)$$

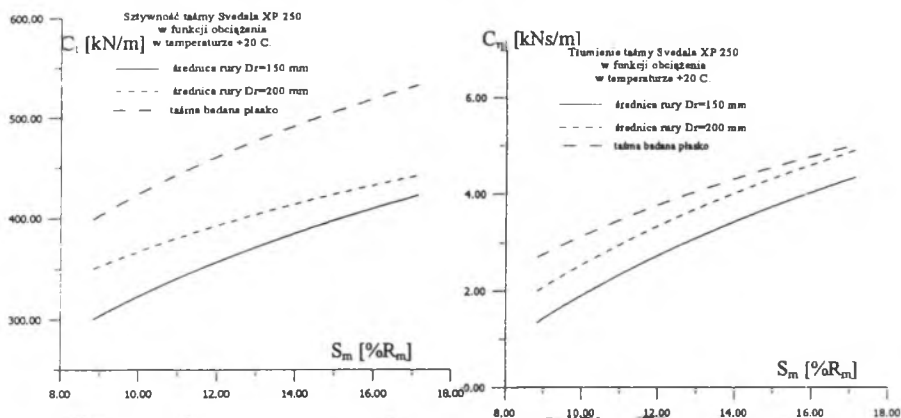
gdzie: T - okres drgań, a $\lambda = \ln \frac{A_s}{A_{s+1}}$ jest logarytmicznym dekrementem tłumienia.



Rys. 11. Drgania gasnące próbki taśmy rejestrowane na stanowisku badawczym

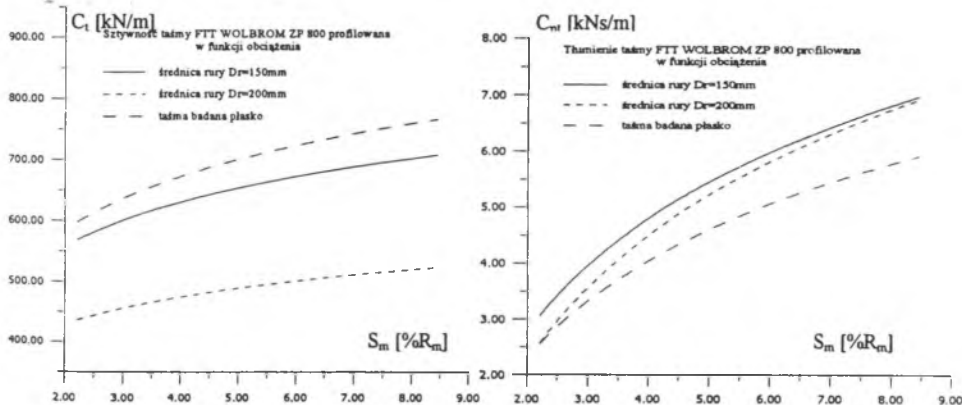
5. WYNIKI BADAŃ SZTYWNOŚCI I TŁUMIENIA TAŚM W KIERUNKU WZDŁUŻNYM

Przedmiotem badań było 6 typów taśm tkaninowych rurowych następujących producentów: SAVA (Słowenia), SVEDALA (Niemcy), FTT STOMIL Wolbrom (Polska). Wyniki badań sztywności i tłumienia w funkcji obciążenia dla 2 wybranych typów taśm SVEDALA XP250/3/2 oraz WOLBROM ZP 800 P przedstawiono na rysunkach 12-13 [4].



Rys. 12. Sztywność i tłumienie taśmy SVEDALA XP 250 dla różnych poziomów obciążenia

Fig. 12. Stiffness and damping of SVEDALA XP 250 belt for different levels of the load



Rys. 13. Sztywność i tłumienie taśmy WOLBROM ZP 800 P dla różnych poziomów obciążenia

Fig. 13. Stiffness and damping of WOLBROM ZP 800 P belt for different levels of the load

6. WNIOSKI

1. Sztywność i tłumienie taśm w kierunku wzdłużnym do przenośników rurowych z dużą dokładnością można określić na drodze eksperymentalnej przy założeniu liniowego modelu taśmy Kelvina-Voigta. Sztywność taśmy należy określać z oscylogramów drgań gasnących w próbie taśmy, z pomiarem amplitud pierwszych dwóch-trzech oscylacji.

2. Wykorzystanie programu "Taśma" w znacznym stopniu poprawiło dokładność analizy oscylogramów dgrań próbek taśm i zwiększyło dokładność obliczeń sztywności i tłumienia.

3. Ze względu na pracę taśmy na przenośniku rurowym w formie płaskiej na bębnach napędowym i zwrotnym oraz w formie rurowej na pozostałej trasie przenośnika, do obliczeń dynamiki rozruchu bądź hamowania przenośnika należy przyjmować wartości sztywności i tłumienia odpowiednie dla kształtu taśmy, w zależności od miejsca, w którym wyznaczane jest obciążenie dynamiczne w taśmie.

Literatura

1. Markusik S., Nowakowski P.: Pipe conveyors for mining application. 8-th International Symposium Mine Planning and Equipment Selection, Dnepropetrovsk, wyd. Balkema, Rotterdam 1999.
2. Markusik S.: Reologia taśm przenośnikowych. Wydawnictwo Politechniki Śl., Gliwice 1998.
3. Janikowski S.: Problemy programowania komputerowego. Skrypt Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 1992.
4. Nowakowski P.: "Wpływ wymiarów geometrycznych taśm do przenośników rurowych na ich wybrane własności mechaniczne". Praca Doktorska - niepublikow., Politechnika Śląska, Gliwice 2001.

Recenzent: Prof.zw.dr hab.inż. Jerzy Antoniak

Abstract

Pipe conveyor belts changes its form of operation from flat on pulleys to tubular in closed idlers sets. The form of operation influences the mechanical parameters like stiffness and dumping of the belt in longitudinal direction. The tests of the belts have been done on laboratory stand. There have been created vibrations in the sample and they have been recorded in files. It has been created computer program "Taśma" for analyze and calculation stiffness and dumping of the belts. Owing to that program it was possible to speed up calculations of these parameters after many series of tests. Also the precision of calculations increased. The program operates in Windows environment and is easy in use.

Praca wykonana w ramach Badań Statutowych